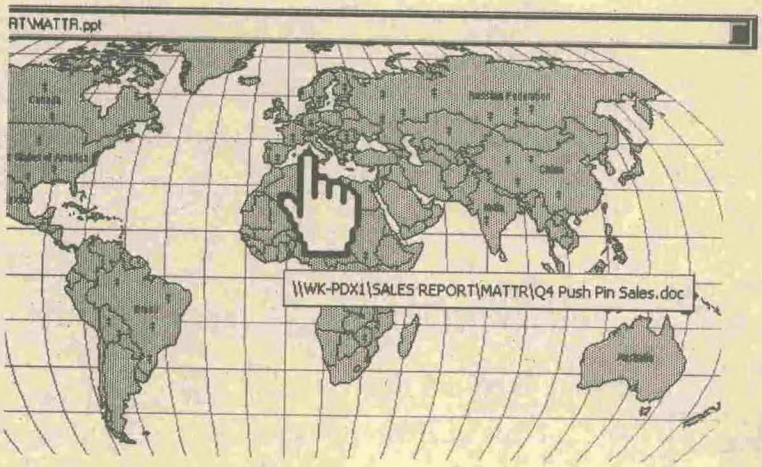
สาทิพย์ กองจันทรา

ระบบเครือข่ายความเร็วสูง ATM ตอนที่ 2

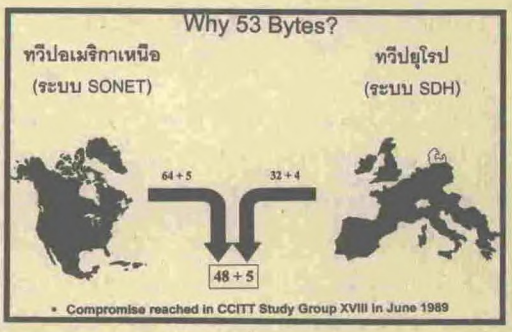


รายละเอียดมาตรฐานและการทำงานต่าง ๆ เพื่อความง่ายต่อการศึกษาและเข้าใจในการทำงานของระบบเอทีเอ็ม

จากที่กล่าวในฉบับที่ 146 ประจำเดือนกันยายน 2540 ว่าระบบเอทีเอ็มนั้นเป็นระบบเครือข่ายที่ถูกออกแบบเพื่อติดตั้งสำหรับรองรับในส่วนของเครือข่ายหลัก (Backbone) ของระบบเครือข่ายโดยเฉพาะ ซึ่งทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรปได้มีการพัฒนาการให้บริการระบบเครือข่ายระยะไกลที่ความเร็วสูง โดยที่ทวีปอเมริกาเหนือมีบริการระบบโซเน็ต (SONET) และทวีปยุโรปมีบริการระบบ SDH และถึงแม้ว่าทั้งสองระบบนั้นจะมีพื้นฐานการพัฒนาของการให้บริการที่แตกต่างกัน คือ ระบบโซเน็ตจะพัฒนามาจากการทำงานของระบบแบ่งช่องสัญญาณอนุกรม DS หรือระบบแบ่งช่องสัญญาณอนุกรมที (T-Time Division Multiplexing) ส่วนระบบ SDH พัฒนามาจากระบบแบ่งช่องสัญญาณอนุกรมอี (E-Time Division Multiplexing)

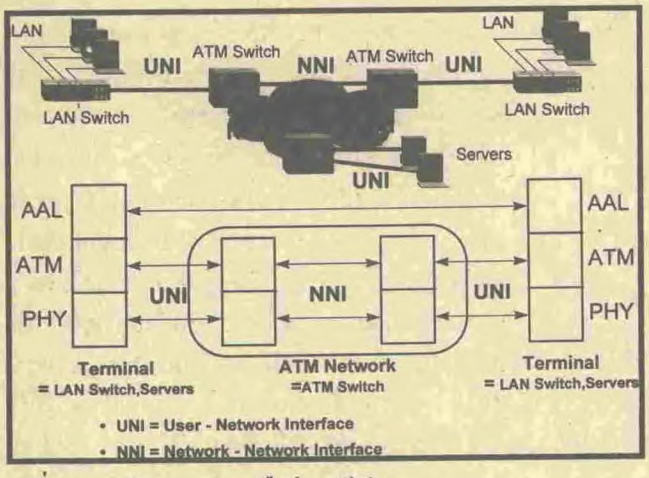
แต่เมื่อมีการพัฒนาระบบให้มีความเร็วมากยิ่งขึ้น ทั้งสองระบบได้ใช้โครงสร้างการทำงานที่เหมือนกันที่ระดับความเร็วสูง คือได้ใช้วิธีการสื่อสารข้อมูลในลักษณะที่เรียกว่า "ระบบอะซิงโครนัส" (Asynchronous Mode) และรูปแบบของหน่วยข้อมูลที่ใช้ส่งผ่านนั้นเดิมจะใช้ในรูปแบบของลักษณะเฟรมข้อมูล (Frame) หรือแพคเก็ตข้อมูล (Packet) โดยได้เปลี่ยนแปลงและลดขนาดของข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงในระดับเซลล์ข้อมูล (Cell) ซึ่งเรียกว่า "เซลล์เอทีเอ็ม"

ในช่วงเวลาแรกเริ่มของการพัฒนา ขนาดของเซลล์เอทีเอ็มของแต่ละทวีปจะมีขนาดที่แตกต่างกัน คือ ระบบโซเน็ตที่ทวีปอเมริกาเหนือได้กำหนดขนาดของเซลล์เอทีเอ็มไว้ขนาด 69 ไบต์ ในขณะที่ระบบ SDH ของทวีปยุโรปได้กำหนดไว้ที่ 36 ไบต์ ต่อมาเมื่อมีการก่อตั้งสถาบันเอทีเอ็มฟอรัม (ATM Forum) เพื่อควบคุมมาตรฐานต่าง ๆ ของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มขึ้นมา จึงได้มีการตกลงระหว่างทั้งสองระบบ โดยได้กำหนดให้ขนาดของเซลล์เอทีเอ็มมีขนาดที่เท่า ๆ กันทั้งสองระบบ เพื่อที่จะสามารถต่อเชื่อมทั้งสองระบบและสื่อสารระหว่างกันได้ ในปัจจุบันตามมาตรฐานสถาบันเอทีเอ็มฟอรัมได้กำหนดขนาดของเซลล์เอทีเอ็มไว้ที่ขนาด 53 ไบต์ ประกอบด้วยบิตส่วนควบคุมหรือบิตส่วนหัว (Header) จำนวน 5 ไบต์ และที่เหลือ 48 ไบต์เป็นบิตที่บรรจุไฟล์ข้อมูลที่สื่อสารกัน (Payload) ดังรูปที่ 1 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ขนาด 53 ไบต์ของเซลล์เอทีเอ็ม

บิตส่วนควบคุม 5 ไบต์ของเซลล์เอทีเอ็มจะประกอบด้วยส่วนฟังก์ชันการทำงานและควบคุมการส่งผ่านของเซลล์เอทีเอ็มในระบบเครือข่ายโดยเฉพาะ โดยทั่วไปองค์ประกอบส่วนฟังก์ชันภายในบิตส่วนควบคุมจะมีลักษณะที่แตกต่างกันอยู่ 2 ชนิดซึ่งขึ้นกับระบบสัญญาณของการต่อเชื่อมของอุปกรณ์เครือข่าย (ATM Interface Signaling) โดยในระบบเอทีเอ็มจะมีระบบสัญญาณของการต่อเชื่อมที่สำคัญ ๆ อยู่ด้วยกัน 2 ระบบคือ ระบบสัญญาณ UNI (User-Network-Interface) และระบบสัญญาณ NNI (Network-Network-Interface) โดยที่ระบบสัญญาณ UNI เป็นระบบสัญญาณต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายที่เชื่อมระบบการใช้งานของผู้ใช้ (User Interface) กับอุปกรณ์เครือข่ายที่ทำงานด้วยฟังก์ชันเครือข่ายเซลล์เอทีเอ็มโดยตรง (Network Interface) เช่นการต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์แลนสวิตช์ (LAN Switch) ที่มีพอร์ตเอทีเอ็มกับอุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์ (ATM Switch) ตามลำดับ เป็นต้น สำหรับระบบสัญญาณ NNI เป็นระบบสัญญาณที่เชื่อมระหว่างระบบเครือข่ายเอทีเอ็มหรืออุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์ด้วยกัน ดังรูปที่ 2 โดยทั้งสองระบบสัญญาณจะมีองค์ประกอบของฟังก์ชันการทำงานที่แตกต่างกันในส่วนของส่วนฟังก์ชัน GFC และส่วนฟังก์ชันวงจรเทียม โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2 ระบบสัญญาณของเครือข่ายเอทีเอ็ม

ส่วนฟังก์ชัน GFC (Generic Flow Control Field)

มีขนาด 4 บิต โดยจะจัดอยู่ในตำแหน่งแรกของบิตส่วนควบคุมทั้งหมด ซึ่งจะมีเฉพาะในเซลล์เอทีเอ็มของระบบสัญญาณ UNI เท่านั้น ในปัจจุบันสถาบันเอทีเอ็มฟอรัมยังไม่ได้กำหนดรายละเอียดฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของส่วนนี้เป็นมาตรฐานที่ชัดเจน ดังนั้นโดยทั่วไปค่าของบิตในส่วนฟังก์ชันนี้ก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ทุก ๆ บิต สำหรับฟังก์ชัน GFC ในอนาคตที่จะมีการพัฒนาขึ้นมานั้นคาดว่าจะเป็นฟังก์ชันการทำงานเกี่ยวข้องกับการควบคุมการไหลเวียนของบิตต่าง ๆ ภายในเซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ

ส่วนฟังก์ชันวงจรเทียม (VPI/VCI Field)

มีขนาดทั้งหมด 24 บิตสำหรับระบบสัญญาณ UNI และขนาด 28 บิตสำหรับระบบสัญญาณ NNI ส่วนฟังก์ชันวงจรเทียมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการกำหนดทิศทางการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มของระบบเครือข่าย ซึ่งเปรียบเสมือนกับส่วนแอดเดรส (Address Field) ของเฟรมข้อมูลในระบบเครือข่ายท้องถิ่น โดยในส่วนฟังก์ชันวงจรเทียมนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนย่อยคือ ส่วนวงจร VPI (Virtual Patch Identifier) และส่วนวงจร VCI (Virtual Channel Identifier) ทั้งสองส่วนวงจรนี้จะใช้เป็นรหัสกำกับที่ระบบเครือข่ายหรืออุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์ใช้กำหนดทิศทางของการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ ไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ในระบบเครือข่าย โดยระบบจะใช้ตัวเลขอ้างอิงควบคู่กันเสมอซึ่งมีรูปแบบโดยที่มีค่าของวงจร VPI แล้วตามด้วยค่าของวงจร VCI "VPI/VCI"

ส่วนฟังก์ชันชนิดข้อมูล (PT : Payload Type Field)

มีขนาด 3 บิตถัดจากส่วนฟังก์ชันวงจรเทียม โดยในบิตแรกใช้สำหรับบ่งบอกว่าข้อมูลที่บรรจุในส่วนเก็บข้อมูล (Payload) ทั้ง 48 ไบต์นั้นเป็นข้อมูลจริงของระบบที่สื่อสารหรือว่าเป็นข้อมูลที่ระบบเครือข่ายสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ สำหรับบิตที่สองซึ่งเรียกว่าบิต EFCI (Explicit Forward Congestion Indication) จะเป็นบิตที่ใช้ประกอบกับการควบคุมการบีบอัดข้อมูลของระบบเครือข่าย (Traffic Congestion) ซึ่งจะใช้สำหรับข้อมูลที่มีการส่งผ่านในลักษณะอัตราความเร็วการส่งผ่านเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงหรือข้อมูลที่เรียกว่า ข้อมูล ABR (Available Bit Rate) สำหรับบิตที่สามจะถูกส่งผ่านระบบเครือข่ายโดยตรง ไม่มีการใช้งานด้วยระบบเครือข่ายแต่อย่างใด เพราะจะใช้งานระหว่างเครื่อง (ระบบ) ต้นทางและเครื่อง (ระบบ) ปลายทางที่สื่อสารระหว่างกันโดยตรง ซึ่งวิธีการนี้จะใช้สำหรับการส่งผ่านข้อมูลชนิด AAL-5

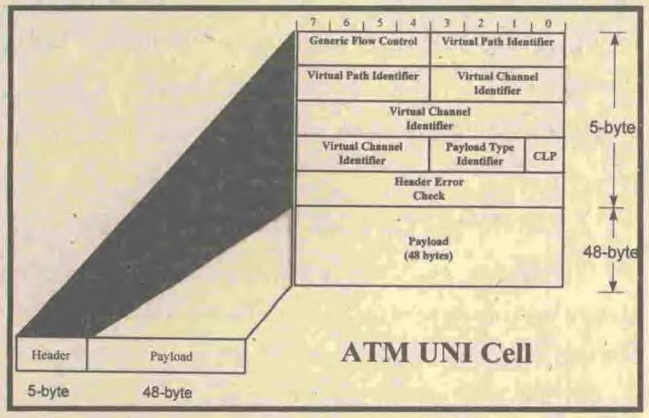
ส่วนฟังก์ชันนัยสำคัญเซลล์ (CLP : Cell Loss Pricrity)

มีขนาด 1 บิต เป็นบิตที่จะบ่งบอกให้ระบบหรือเครื่องปลายทางจะรับหรือไม่รับเอาเซลล์เอทีเอ็มที่ถูกส่งมาหรือไม่ โดยถ้าบิตมีค่าเท่ากับ "1" ระบบก็จะไม่รับเอาเซลล์เอทีเอ็มที่ส่งผ่านมานั้น แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ "0" ระบบก็จะรับเอาเซลล์เอทีเอ็มแล้วทำการประมวลผลและส่งผ่านต่อไป ส่วนฟังก์ชันนี้จะถูกนำมาใช้กับระบบการควบคุมความหนาแน่นของข้อมูลต่าง ๆ (Taffic Management)

ส่วนฟังก์ชันตรวจสอบส่วนควบคุม (HEC : Header Error Control)

ลักษณะเด่นของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มอีกจุดหนึ่งคือระบบการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มนั้นจะไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของบิตต่าง ๆ ทั้งหมดของระบบเหมือนกับระบบเครือข่ายอื่น ๆ ซึ่งจะมีเฉพาะการตรวจสอบในส่วนของบิตส่วนควบคุมเท่านั้น โดยฟังก์ชันในส่วนนี้จะมีขนาด 8 บิตท้ายสุดของบิตส่วนควบคุมทั้งหมด ส่วนฟังก์ชันนี้ใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับระบบอื่น ๆ คือใช้วิธีของระบบคณิตศาสตร์ CRC (Cyclic Redurdancy Check)

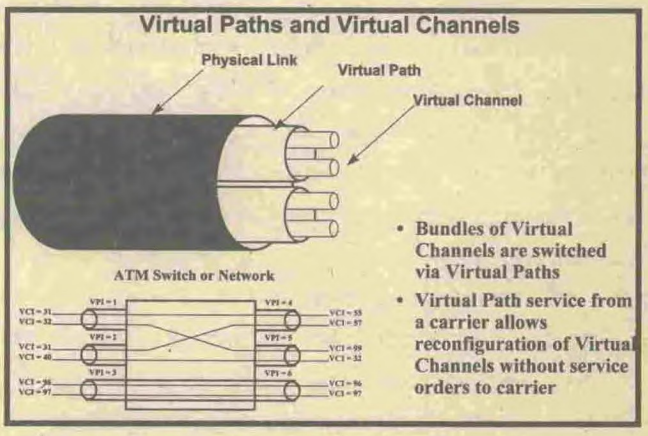
นอกจากการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มในภาวะปกติแล้ว (มีข้อมูลของระบบบรรจุในส่วนข้อมูลทั้ง 48 ไบต์) ระบบมาตรฐานเอทีเอ็มฟอรัมได้กำหนดรูปแบบของ 4 ไบต์แรกของส่วนฟังก์ชันต่าง ๆ (ส่วนฟังก์ชันวงจรเทียมและส่วนอื่น ๆ ยกเว้นส่วนฟังก์ชันตรวจสอบ) ให้มีรูปแบบในลักษณะอื่นโดยเรียกว่าสัญญาณเมตา (Meta Signaling Cell) ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลของการสื่อสารบรรจุอยู่ในส่วนของข้อมูล 48 ไบต์นั้น การสื่อสารชนิดนี้จะเกิดในกรณีการติดต่อในช่วงแรกของอุปกรณ์เพื่อที่จะติดต่อและส่งผ่านข้อมูลต่อไป หรือในกรณีที่ระบบจะส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มในลักษณะกระจายข้อมูล (Boardcasting) ทุก ๆ แห่งของระบบเครือข่าย



รูปที่ 3 องค์ประกอบของเซลล์เอทีเอ็ม

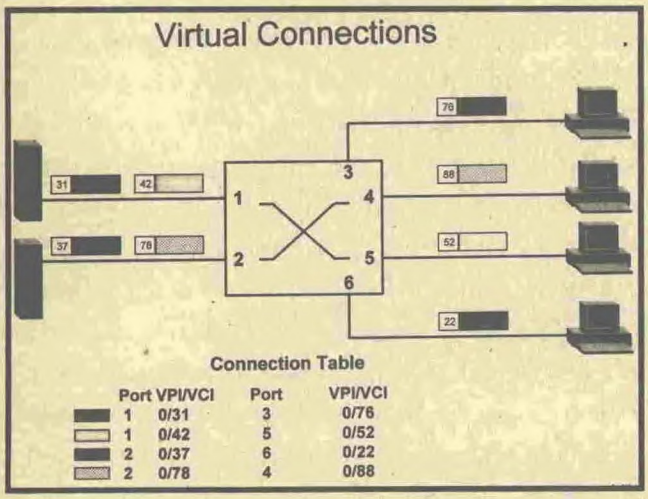
เส้นทางเทียม (Virtual Connection)

เนื่องจากระบบเครือข่ายเอทีเอ็มได้แปลงเฟรมข้อมูลและแพคเก็ตข้อมูลต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของเซลล์เอทีเอ็มขนาดเล็ก ๆ โดยที่การส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มจะไม่มีการอ้างแอดเดรสเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทางกำกับในเซลล์เอทีเอ็มแต่อย่างใด และเช่นเดียวกันระบบก็จะไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของค่าบิตทุกบิตในเซลล์เอทีเอ็มทั้งหมด เพราะระบบเอทีเอ็มจะใช้วิธีที่เรียกว่า วงจรเทียม (Virtual Circuit) สำหรับการควบคุมการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มในระบบเครือข่าย โดยวงจรเทียมเปรียบเสมือนกับเส้นทางเสมือนหรือท่อขนส่งของการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มของการสื่อสารใด ๆ วงจรเทียมนี้จะถูกสร้างขึ้นมาตั้งแต่ระหว่างเครื่องต้นทางที่จะส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มผ่านส่วนต่าง ๆ ของระบบเครือข่ายตลอดจนไปถึงเครื่องปลายทางที่จะรับเซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ เมื่อมีการสร้างวงจรเทียมเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะทำการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มออกมาและไหลผ่านตามแนวเส้นทางเสมือนของวงจรเทียมนั้น ๆ จนถึงเครื่องรับปลายทางของระบบ ลักษณะนี้ทำให้ระบบเครือข่ายสามารถควบคุมความผิดพลาดของการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในระบบเครือข่ายเอทีเอ็มที่ประกอบด้วยการสื่อสารหลายชนิดและหลาย ๆ คู่การสื่อสารนั้น ณ เวลาใด ๆ ของระบบก็จะประกอบด้วยวงจรเทียมเป็นจำนวนมากในส่วนต่าง ๆ ของระบบเครือข่าย ถ้าพิจารณาเส้นทางจริง ๆ ของสายสัญญาณ (Physical Link) จะสามารถพิจารณาได้ว่าในเส้นทางหนึ่ง ๆ ของสายสัญญาณจะประกอบด้วยวงจรเทียมของคู่สื่อสารเซลล์เอทีเอ็มเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Virtual Channel Indentifier และ Virtual Paths Indentifier

ในการกำหนดเส้นทางของวงจรเทียมในระบบเครือข่ายเอทีเอ็มนั้นจะกำหนดด้วยค่าพารามิเตอร์ 2 ค่าควบคู่กันคือ ค่า VCI (Virtual Channel Indentifier) และค่า VPI (Virtual Paths Indentifier) โดยค่า VCI จะเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้อ้างอิงเส้นทางเสมือนของการต่อเชื่อมของแต่ละคู่สื่อสารนั้น ๆ การกำหนดค่า VCI จะกำหนดควบคู่กับค่า VPI เสมอ ซึ่งค่า VPI จะเป็นค่าที่ระบบเครือข่ายเอทีเอ็มหรืออุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์ใช้พิจารณาเพื่อควบคุมการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ เช่นการกำหนดค่าความจุความเร็วของการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มในขณะเวลาใด ๆ หรือการกำหนดความล่าช้าอย่างต่ำของการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็ม เป็นต้น ดังนั้นในเส้นทางเสมือนของวงจรเทียมที่ค่า VPI หนึ่ง ๆ ก็จะประกอบด้วยค่า VCI หลายค่า ดังรูปตัวอย่างที่ 5 เซลล์เอทีเอ็มไม่ว่าจะเป็นระบบสัญญาณ UNI หรือสัญญาณ NNI ต่างก็มีขนาดที่เท่ากันคือมีขนาด 8 บิต ดังนั้นในการสื่อสารของคู่ใด ๆ ในระบบเครือข่ายเอทีเอ็มจะสามารถกำหนดให้มีค่า VPI ได้ทั้งหมด 256 ค่า ($2^8 = 256$)



รูปที่ 5 ตารางวงจรเทียมของระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม

ในการสวิตช์หรือสลับเส้นทางของเซลล์เอทีเอ็มด้วยอุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์นั้นจะใช้วิธีเปรียบเทียบกับตารางวงจรเทียม (Virtual Circuit Table) ที่อุปกรณ์เอทีเอ็มแต่ละเครื่องสร้างขึ้นมา โดยในขั้นตอนการสร้างตารางวงจรเทียมนั้นอุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์แต่ละเครื่องจะสื่อสารเบื้องต้นกับเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทางที่จะส่งและรับเซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ หรือเอทีเอ็มสวิตช์เครื่องข้างเคียงเพื่อสร้างตารางวงจรเทียมขึ้นมา หลังจากที่ได้สร้างตารางวงจรเทียมขึ้นมาแล้ว จากนั้นเครื่องต้นทางก็จะส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มที่บรรจุข้อมูลของระบบนั้น ๆ ออกมาไปตามเส้นทางเสมือนของวงจรเทียมตามตารางวงจรเทียมของระบบ ในตารางวงจรเทียมของเอทีเอ็มสวิตช์จะกำหนดขนาดและทิศทางของค่าวงจรเทียม (VPI/VCI) กับพอร์ตอินเทอร์เฟสของเอทีเอ็มสวิตช์อุปกรณ์ทั้งในทิศทางเข้าและทิศทางออกของอุปกรณ์ ดังเช่นในรูปตัวอย่างที่ 5 อุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์ได้สร้างตารางวงจรเทียมขึ้นมาโดยในตารางได้กำหนดให้ว่า ถ้ามีเซลล์เอทีเอ็มถูกส่งผ่านเข้ามายังพอร์ตอินเทอร์เฟสที่ 1 ด้วยค่าวงจรเทียม VPI และ VCI เท่ากับ "0/31" ก็จะถูกส่งออกไปยังพอร์ตอินเทอร์เฟส 3 และบรรจุค่าวงจรเทียมให้ใหม่เป็นค่า "0/76" หรือถ้าถูกส่งเข้ามาด้วยค่าวงจรเทียม VPI และ VCI เท่ากับ "0/42" ก็จะถูกส่งออกไปยังพอร์ตอินเทอร์เฟสที่ 5 พร้อมบรรจุค่าวงจรเทียมใหม่เป็น "0/52" เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เอทีเอ็มอื่นในระบบเครือข่ายก็จะทำงานในลักษณะเช่นนี้ทั้งหมด ดังนั้นถ้าเอาค่าเปรียบเทียบของตารางวงจรเทียมทั้งหมดของแต่ละเอทีเอ็มสวิตช์มาต่อเชื่อมกันก็จะได้เส้นทางเสมือนหรือวงจรเทียมของคู่สื่อสารต่าง ๆ นั่นเอง

จะเห็นได้ว่าค่า VPI และค่า VCI ในทุก ๆ เซลล์เอทีเอ็มนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการส่งผ่านข้อมูลได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว จึงเห็นได้ว่าในทุก ๆ เซลล์เอทีเอ็มจะมีส่วนตรวจสอบความถูกต้องของส่วนควบคุม (Header Error Control) ของเซลล์อยู่เสมอ ดังที่กล่าวมาแล้ว

ชั้นฟังก์ชันเอทีเอ็ม (ATM Protocol Layers)

ระบบเอทีเอ็มเป็นระบบเครือข่ายที่พัฒนามาจากการทำงานของระบบเครือข่าย B-ISDN ดังนั้นองค์ประกอบหรือชั้นฟังก์ชันต่าง ๆ จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับระบบเครือข่าย B-ISDN โดยจะประกอบด้วยชั้นฟังก์ชัน 3 ชั้นคือ ชั้นฟังก์ชันสายสัญญาณ (Physical Layer) ชั้นฟังก์ชันเอทีเอ็ม (ATM Layer) และชั้นฟังก์ชันแปลงเอทีเอ็ม (ATM Adaptation Layer) ในแต่ละชั้นฟังก์ชันจะมีโครงสร้างการทำงานที่แตกต่างกันไปดังรูปที่ 6 และเมื่อเปรียบเทียบชั้นฟังก์ชันทั้งหมดของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มกับมาตรฐานกลาง OSI 7-Layer จะพบว่าสามารถเทียบเท่าได้กับชั้นฟังก์ชันที่ 1 (Physical Layer) และที่ 2 (Data Link Layer) เท่านั้น และในแต่ละชั้นฟังก์ชันมีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

ชั้นฟังก์ชันสายสัญญาณ (Physical Layer)

เป็นชั้นฟังก์ชันที่มีโครงสร้างการทำงานเช่นเดียวกับชั้นฟังก์ชันสายสัญญาณของระบบเครือข่ายอื่น ๆ ซึ่งมีฟังก์ชันที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการต่อเชื่อมและการแปลงระบบสัญญาณของสายสัญญาณต่าง ๆ โดยเฉพาะชั้นฟังก์ชันสายสัญญาณของระบบเอทีเอ็มแบ่งออกได้เป็น 2 ฟังก์ชันย่อย คือ

- ชั้นฟังก์ชัน PMD (Physical Layer Medium Dependent Sublayer)
- ชั้นฟังก์ชัน TCS (Transmission Convergence Sublayer)

ชั้นฟังก์ชัน PMD เป็นชั้นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับระบบสายสัญญาณโดยตรง เช่น การกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายสัญญาณที่ใช้ การกำหนดการเข้าและถอดรหัสของระบบสัญญาณในสายสัญญาณนั้น ๆ การกำหนดขอบเขตของระบบสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบของบิตข้อมูล และการกำหนดลักษณะของข้อต่อ (Connector) ของสายสัญญาณ เป็นต้น สำหรับชั้นฟังก์ชัน TCS เป็นชั้นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการแปลงรหัสระหว่างสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบของบิตข้อมูลกับสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบของเซลล์เอทีเอ็มที่จะส่งผ่านไปในระบบเครือข่าย เช่น การกำหนดขอบเขตส่วนต่าง ๆ ของเซลล์เอทีเอ็มที่ 53 ไบต์ การเพิ่มบิตข้อมูลให้เซลล์เอทีเอ็มมีขนาดครบ 53 ไบต์ ในกรณีที่เซลล์เอทีเอ็มนั้น ๆ ไม่มีข้อมูลครบตามขนาดที่กำหนด และเนื่องจากว่าสายสัญญาณของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มมีด้วยกันหลากหลายชนิด ดังนั้นวิธีการต่าง ๆ ของชั้นฟังก์ชัน TCS จึงมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสายสัญญาณหรือฟังก์ชัน PMD นั้น ๆ

ระบบความเร็วของสายสัญญาณในระบบเอทีเอ็มจะมีด้วยกันหลายชนิดวิธี โดยในแต่ละวิธีจะมีความเร็วของระบบที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มมาตรฐานคือ กลุ่มมาตรฐานสำหรับระบบสัญญาณ UNI ในระบบเครือข่ายส่วนตัว (Private UNI) และกลุ่มมาตรฐานสำหรับระบบสัญญาณ UNI ในระบบเครือข่ายสาธารณะหรือเครือข่ายระยะไกลดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

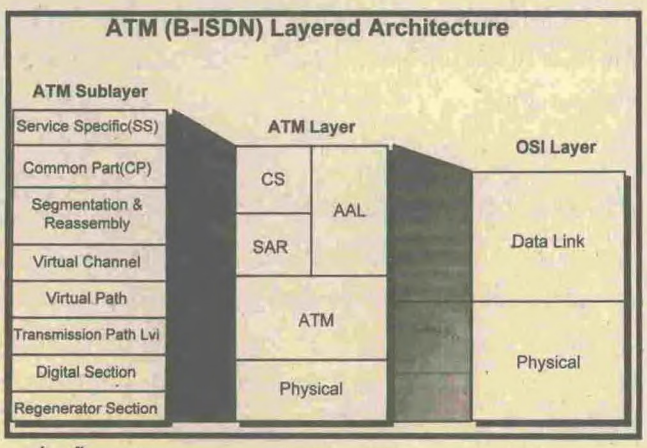
ATM Forum Physical Layer UNI Interface		
Frame Format	Bit Rate / Line Rate	Media
Cell Stream	25.6 Mbps / 32 Mbaud	UTP-3
STS-1	51.84 Mbps	UTP-3
FDDI	100 Mbps / 125 Mbaud	MMF
STS-3C, STM-1	155.52 Mbps	UTP-5, STP
STS-3C, STM-1	155.52 Mbps	SMF, MMF, CoaxPair
Cell Stream	155.52 Mbps / 194.4 Mbaud	MMF, STP
STS-3C, STM-1	155.52 Mbps	UTP-3
STS-12, STM-4	622.08 Mbps	SMF, MMF

SMF : Single Mode Fiber MMF : Multimode Fiber
UTP : Unshielded Twisted Pair STP : Shielded Twisted Pair

ตารางที่ 1 ค่าความเร็วของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มในระดับ Private UNI

ATM Forum Physical Layer UNI Interface		
Frame Format	Bit Data	Media
DS1	1.544 Mbps	Twisted Pair
DS3	44.736 Mbps	Coax Pair
STS-3C, STM-1	155.52 Mbps	SMF
E1	2.048 Mbps	Twisted Pair, Coax Pair
E3	34.368 Mbps	Coax Pair
J2	6.312 Mbps	Coax Pair
N x T1*	N x 1.544 Mbps	Twisted Pair
N x E1*	N x 2.048 Mbps	Twisted Pair

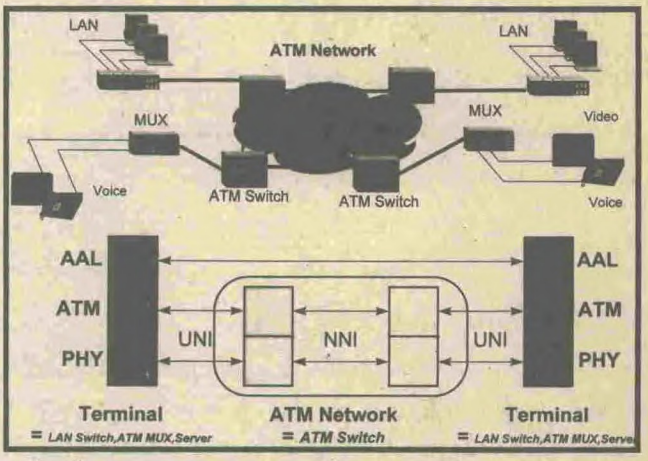
ตารางที่ 2 ค่าความเร็วของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มในระดับ Public UNI



รูปที่ 6 ชั้นฟังก์ชันของระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม

ชั้นฟังก์ชันเอทีเอ็ม (ATM)

เป็นชั้นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็ม 53 ไบต์ในระบบเครือข่าย ซึ่งจะมีฟังก์ชันการทำงานตามส่วนฟังก์ชันต่าง ๆ ที่บรรจุอยู่ในส่วนควบคุม 5 ไบต์ของแต่ละเซลล์เอทีเอ็ม ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เช่น ฟังก์ชันควบคุมค่า VPI และค่า VCI ฟังก์ชัน GFC เป็นต้น ชั้นฟังก์ชันเอทีเอ็มนี้เป็นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบเครือข่ายเอทีเอ็มหรือการทำงานของอุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์โดยเฉพาะ ดังรูปตัวอย่างที่ 7 เป็นการต่อเชื่อมระหว่างเครือข่ายท้องถิ่น 2 แห่งผ่านระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม และเมื่อนำมาเปรียบเทียบชั้นฟังก์ชันต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าในการทำงานระดับเครือข่ายเอทีเอ็มสวิตช์ (ATM Switch Network) เทียบเท่าได้กับเพียงชั้นฟังก์ชันเอทีเอ็มเท่านั้น ในขณะที่ส่วนของการต่อเชื่อมกับระบบที่จะส่งผ่านข้อมูล (Terminal) ก็จะมีชั้นฟังก์ชันครบทั้งสามชั้น โดยมีส่วนของชั้นฟังก์ชันแปลงเอทีเอ็มด้วยดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ชั้นฟังก์ชันเอทีเอ็มกับการต่อเชื่อมระบบเครือข่าย

ชั้นฟังก์ชันแปลงเอทีเอ็ม (ATM Adaptation Layer) หรือชั้นฟังก์ชัน AAL

เป็นชั้นฟังก์ชันที่แปลงค่าระหว่างข้อมูลชนิดต่าง ๆ ที่จะสื่อสาร (ไฟล์ข้อมูล วิดีโอ และเสียง) กับค่าของเซลล์เอทีเอ็ม ประกอบด้วยชั้นฟังก์ชันย่อย 2 ฟังก์ชันคือ ฟังก์ชัน CS (Convergence Sublayer) และฟังก์ชัน SAR (Segmantation Add Reassembly) ฟังก์ชัน CS จะเป็นชั้นฟังก์ชันแรกที่จะแปลงเฟรมข้อมูลชนิดต่าง ๆ ของระบบให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูล PDU (Protocol Data Unit) ซึ่งข้อมูล PDU เป็นข้อมูลที่ใช้เรียกระหว่างข้อมูลของระบบนั้นกำลังถูกแปลงสภาพให้เป็นเซลล์เอทีเอ็ม โดยที่ชนิดและรูปแบบของข้อมูล PDU มีด้วยกันหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลระบบที่จะสื่อสาร และเมื่อสิ้นสุดขั้นตอนของฟังก์ชัน CS แล้ว ข้อมูล PDU ก็จะถูกส่งต่อไปยังส่วนของฟังก์ชัน SAR เพื่อทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของเซลล์เอทีเอ็ม 53 ไบต์ต่อไป

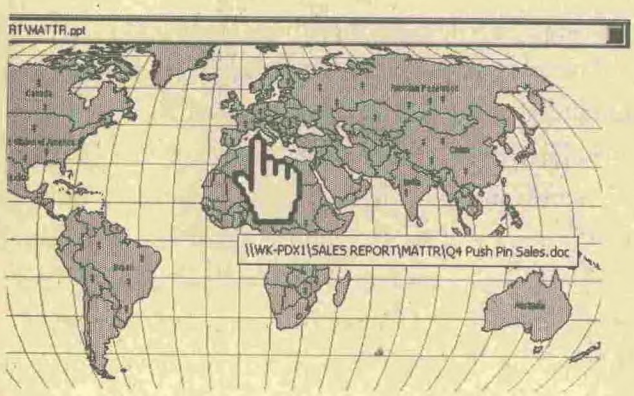
ด้วยชนิดข้อมูลของระบบที่จะสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม มีด้วยกันหลายชนิด และแต่ละชนิดก็มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นทางสถาบันเอทีเอ็มฟอรัมจึงได้กำหนดชนิดการให้บริการ (AAL Class of Services) ของระบบเอทีเอ็มด้วยชั้นฟังก์ชันแปลงเอทีเอ็มออกเป็น 5 ชนิดดังตารางที่ 3

Service Class				
Attribute	**CLass A**	**Class B**	**Class C**	**Class D**
Timing Relation End-To-End	Required		Net Require	
Bit Rate	Constant	Variable		
Correction	Connection - Oriented			Connectionless
AAL (S)	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4 หรือ AAL 5	AAL 3/4 หรือ AAL 5
Application	PS1, E1	Packet Video, Audio	Frame Relay X.26	IP, LAN SMDS

ตารางที่ 3 ชนิดของบริการบนระบบเครือข่ายเอทีเอ็ม

บริการคลาสเอ (Class A)

เป็นบริการที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารข้อมูลเสียงและวิดีโอเป็นส่วนใหญ่ โดยลักษณะการสื่อสารของบริการชนิดนี้จะมีความเร็วของการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มระหว่างเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทางด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอตลอด (CBR : Conatant Bit Rate) และระบบสัญญาณนาฬิกา (Clocking/Timing) ระหว่างเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทางจะต้องสัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง มิฉะนั้นการสื่อสารข้อมูลเสียงก็จะขาดประสิทธิภาพหรือผิดพลาดได้ บริการชนิดนี้จะมีฟังก์ชัน AAL 1 รองรับการทำงาน



บริการคลาสบี (Class B)

มีฟังก์ชัน AAL 2 เป็นฟังก์ชันที่รองรับการทำงาน โดยทั่วไปบริการคลาสบีนี้จะมีลักษณะการสื่อสารคล้ายคลึงกับบริการคลาสเอ เพียงแต่ความเร็วที่ใช้ส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มจะไม่สม่ำเสมอ คือจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของความเร็วที่เครื่องต้นทางจะส่งผ่านออกมา (VBR : Veriable Bit Rate) ระบบบริการในปัจจุบันนี้สถาบันเอทีเอ็มฟอรัมยังไม่ได้กำหนดรายละเอียดการทำงานที่มาตรฐานอย่างชัดเจน เพราะข้อมูลที่จะใช้กับบริการนี้ (VBR Packet Video) ยังไม่มีการนำเอามาใช้งานกันอย่างแพร่หลายนัก

บริการคลาสซี (Class C)

เป็นบริการแรกที่จะรองรับการสื่อสารของไฟล์ข้อมูล ซึ่งรูปแบบของการสื่อสารไฟล์ข้อมูลนั้น ความเร็วในการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มจะไม่จำเป็นต้องมีความเร็วสม่ำเสมอกันตลอดเวลา และระบบสัญญาณนาฬิกาก็ไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทาง แต่อย่างใด ระบบเครือข่ายที่ใช้บริการนี้บนระบบเครือข่ายเอทีเอ็มคือระบบเครือข่ายดาต้าสวิตชิงจำพวกระบบเฟรมรีเลย์ (Frame Relay) และระบบ X.25 ซึ่งจะใช้รองรับการสื่อสารไฟล์ข้อมูลอีกชั้นหนึ่งเป็นต้น บริการชนิดนี้มีฟังก์ชัน AAL 3, 4 และ 5 สำหรับรองรับการทำงาน

บริการคลาสดี (Class D)

เป็นบริการเดียวที่มีการสื่อสารในลักษณะไม่ต้องสำรวจเส้นทางก่อนส่งผ่านข้อมูล (Connectionless) นอกนั้นก็มีคุณสมบัติคล้ายกับบริการคลาสซี คือระบบไม่จำเป็นที่จะต้องส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มที่ความเร็วสม่ำเสมอตลอดเวลา และสัญญาณนาฬิการะหว่างระบบนั้นก็ไม่ต้องสัมพันธ์กันโดยตรง บริการชนิดนี้จะใช้กันมากในการสื่อสารระหว่างเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) ที่ส่วนใหญ่จะส่งผ่านไฟล์ข้อมูล (Data) ฟังก์ชันที่รองรับการทำงานในบริการนี้คือ ฟังก์ชัน AAL 3, 4 และ 5 เช่นเดียวกับบริการคลาสซี

บริการคลาสเอ็กซ์ (Class-X)

นอกจาก 4 บริการที่ได้กำหนดชนิดและคุณสมบัติของการทำงานเมื่อการส่งผ่านเซลล์เอทีเอ็มนั้นแล้ว สถาบันเอทีเอ็มฟอรัมยังได้กำหนดบริการคลาสเอ็กซ์ขึ้นมา ซึ่งเป็นบริการที่ไม่ได้กำหนดกฎเกณฑ์ที่แน่ชัด เพราะจะให้แต่ละบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายเป็นคนกำหนดฟังก์ชันการทำงานของแต่ละบริษัทขึ้นมาเอง (Proprietary AAL)

ส่งท้าย

จะเห็นได้ว่ารายละเอียดการทำงานของระบบเอทีเอ็มมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างจากระบบเครือข่ายท้องถิ่นค่อนข้างมาก แต่มีความคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบเครือข่ายระยะไกล ทั้งนี้เนื่องจากระบบเอทีเอ็มได้พัฒนามาจากมาตรฐานระบบเครือข่าย B-ISDN ซึ่งเป็นมาตรฐานหนึ่งของระบบเครือข่ายระยะไกล ดังนั้นสถาบันเอทีเอ็มฟอรัมที่ควบคุมมาตรฐานต่าง ๆ ของระบบเอทีเอ็มจึงได้กำหนดกรอบมาตรฐานการทำงานของระบบเอทีเอ็มในระบบเครือข่ายชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันออกไปตามชนิดของระบบเครือข่ายนั้น ๆ โดยในปัจจุบันระบบเอทีเอ็มสามารถที่จะนำมาใช้งานได้จริงทั้งในส่วนของระบบเครือข่ายระยะไกลและเครือข่ายท้องถิ่น โดยเฉพาะในส่วนของระบบเครือข่ายท้องถิ่น สำหรับในประเทศไทยได้มีการติดตั้งระบบเครือข่ายเอทีเอ็มหรืออุปกรณ์เอทีเอ็มสวิตช์มามากกว่าร้อยเครื่องแล้ว และมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

ในการติดตั้งระบบเอทีเอ็มบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นได้มีการพัฒนามาตรฐานต่าง ๆ ออกมาหลายวิธี ตั้งแต่วิธีกึ่งมาตรฐานของระบบ IETF ของระบบอินเทอร์เน็ต จนในปัจจุบันได้มีมาตรฐานของสถาบันเอทีเอ็มฟอรัมคือมาตรฐานแลนอี (LANE) เป็นมาตรฐานหลักของการทำงานระบบเอทีเอ็มบนเครือข่ายท้องถิ่น ซึ่งในอนาคตอันใกล้สถาบันเอทีเอ็มก็จะประกาศมาตรฐานเพิ่มเติมออกมาคือมาตรฐาน MPOA และเพื่อความชัดเจนของการทำงานต่าง ๆ ของระบบเอทีเอ็มนั้น ท่านผู้อ่านสามารถติดต่อผมโดยส่งอีเมล์ไปที่

sathip_kongjantra @3mail.3com.com

สำหรับในฉบับหน้าผมจะพูดถึงการทำงานของระบบเอทีเอ็มบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นโดยเฉพาะ สำหรับฉบับนี้ก็เช่นเคยครับ ขอกล่าวคำว่า "สวัสดีครับ"

ทางออกของคนไม่ชอบ Windows Explorer

ถ้าหากคุณไม่ชอบที่ใช้ Windows Explorer แต่กลับชอบใช้ File Manager ของวินโดวส์ 3.x แทน คุณก็สามารถเรียกมาใช้งานได้ โดยเรียกที่เมนูเริ่ม (Start Menu) แล้วคลิกที่ Run จากนั้นพิมพ์ winfile แล้ว Enter แค่นี้ก็สามารถเรียกใช้ File Manager อย่างที่คุ้นเคยขึ้นมาแทน

บูตเครื่องโดยปราศจากโลโก้วินโดวส์

ในโปรแกรม msdos.sys ให้เพิ่มคำสั่งลงไปอีก 1 บรรทัด คือ Logo=0

คำสั่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดูข้อมูล

ในโปรแกรม autoexec.bat ถ้าหากคุณต้องการเพิ่มคำสั่งเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการดูรายชื่อข้อมูลโดยอัตโนมัติ ให้คุณป้อนคำสั่งดังต่อไปนี้

```
SET DIRCMD= /P
```

การใช้ฟังก์ชัน /P จะเป็นการหยุดเพื่อแสดงทีละ 1 หน้าจอ ถ้าหากคุณใช้คำสั่ง dir บนดอส

ส่วนการใช้คำสั่ง

```
SET DIRCMD= /P /O:GNE
```

ฟังก์ชัน /O:GNE โดย G = แสดงชื่อไดเรคทอรีก่อน N = แสดงรายละเอียดเฉพาะชื่อไฟล์ที่ต้องการ และ E = ให้แสดงรายชื่อไฟล์ที่คล้าย ๆ กันเพิ่มเติม